

## TEKANAN DAN LAJU ALIR PADA PIPA UJI *ENGINEERING LOOP-NILO I*

Henky P.R., B. Soekodijat, Masri Zulfikar Y.  
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

### ABSTRAK

**TEKANAN PADA LAJU ALIR PADA PIPA UJI *ENGINEERING LOOP-NILO I*.** Dalam operasi suatu reaktor nuklir diperlukan pendinginan untuk menjaga agar material komponen teras reaktor tersebut tidak mengalami kerusakan akibat perubahan temperatur tinggi yang mendadak. Pendinginan reaktor sangat bergantung pada proses perpindahan panasnya, dan pendinginan tersebut akan optimum jika panas dapat dipindahkan secara keseluruhan ke fluida pendingin. Oleh karena itu dipelajari proses perpindahan panas yang terjadi dari elemen bakar reaktor nuklir ke fluida pendinginannya. Salah satu cara mempelajari proses perpindahan panas tersebut yaitu dengan menggunakan alat simulasi *Engineering Loop NILO I* yang dilengkapi dengan fasilitas pipa uji sebagai simulasi elemen bakar reaktornya. Akibat adanya proses perpindahan panas, dapat menyebabkan fluida kerja (fluida pendingin) berubah fasa. Perubahan fasa tersebut bergantung terutama pada tekanannya. Sedang tekanan yang terjadi dapat dipengaruhi oleh laju alirnya. Oleh karena itu dalam penelitian awal ini dicoba untuk mencari hubungan antara laju alir dengan tekanan pada pipa uji *Engineering Loop-NILO I*, dengan daya tertentu. Percobaan dilakukan dengan memberi sejumlah panas melalui pemanas mula (pre-heater) dan pemanas lanjut (rectifier), yang kemudian pada satu harga laju alir tertentu dicatat tekanan dan perubahan tekanannya, baik pada bagian masukan maupun keluaran pipa uji. Hasil yang didapat ternyata jika laju alir yang diberikan rendah, maka tekanan yang dapat diatur pada pipa uji juga rendah. Dari hasil yang didapat diharapkan dapat menjadi pegangan bagi pengoperasian *Engineering Loop* secara optimal.

### ABSTRACT

**PRESSURE AND FLOW RATE IN ENGINEERING LOOP-NILO I TEST SECTION.** In a nuclear reactor operation, cooling is required to prevent the reactor core material from a damage due to a sudden high temperature variation. The reactor cooling depends extremely on its heat transfer process, and the cooling will be optimum if the heat can be transferred entirely to the cooling fluid. Therefore, it is necessary to study the heat transfer process occurred from the nuclear reactor fuel element to its cooling fluid. One of the methods to study heat transfer process is using simulation facility of Engineering Loop NILO-I which is equipped by a test section to simulate the reactor fuel element. The effect of the heat transfer process can change the phase of the cooling fluid. The phase change depends especially on its pressure which can be influenced by its flow rate. Therefore, in this preliminary research, it is tried to determine the relationship between the flow rate and the pressure of the test section of the Engineering Loop NILO-I at the specified power. The experiment was performed by heating the cooling fluid through the preheater and the rectifier. At a specified flow rate, its pressure and its pressure change were recorded either in inlet or outlet of the test section. The results showed that at the low flow rate the working pressure was also low. The results can be used as a reference for optimal operation of Engineering Loop.

### PENDAHULUAN

*Engineering Loop* atau biasa disebut NILO-I adalah suatu alat simulasi yang dapat digunakan untuk mempelajari proses perpindahan panas yang terjadi dari elemen bakar ke fluida pendingin suatu reaktor nuklir. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses perpindahan panas adalah adanya perubahan tekanan. Dalam hal ini perubahan tekanan adalah penurunan tekanan yang diakibatkan oleh adanya gesekan, gravitasi,

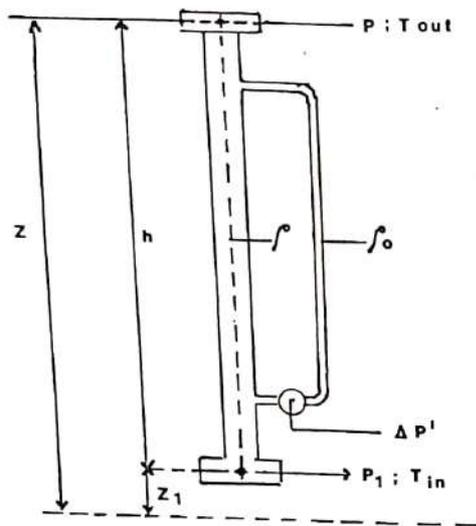
perubahan penampang dan perubahan laju alir. Disamping dapat mempengaruhi proses perpindahan panas, perubahan tekanan juga dapat mempengaruhi pencairan titik pendidihan atau pencapaian keadaan jenuh ( 2 fasa ).

Karena sistem *Engineering Loop* ini akan digunakan untuk penelitian, baik dalam satu fasa ( fasa cair saja ) maupun dalam dua fasa ( cair dan gas ), maka dalam penelitian ini dicoba untuk

melihat terlebih dahulu mengenai karakteristik tekanan untuk beberapa laju alir yang berbeda pada pipa uji pada sistem tersebut. Penelitian dilakukan dengan memberi sejumlah panas melalui pemanas mula (preheater) dan pemanas lanjut (rectifier). Dengan diketahui karakteristik perubahan tekanan untuk laju alir yang berbeda, maka karakteristik tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan tekanan yang dapat dicapai oleh sistem *Engineering Loop* jika beroperasi pada suatu laju alir tertentu. Dengan demikian diharapkan dari hasil penelitian dapat dipakai sebagai langkah awal dalam penelitian dengan menggunakan *Engineering Loop*.

### Penurunan Tekanan di dalam Pipa Uji

Sistem pipa uji dapat didekati dengan skema seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema sistim pipa uji

Karena diameter pipa uji seragam sepanjang pipa, maka dalam hal ini tidak dibahas mengenai penurunan tekanan akibat perbedaan luas penampang pipa, sehingga hanya akan diperhitungkan tekanan karena gesekan dan gravitasi.

Dalam hal ini penurunan tekanan ( $\Delta P$ ) antara bagian masukan dan keluaran dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} = \Delta P_g + \Delta P_f \quad (1)$$

$\Delta P_g$  = penurunan tekanan akibat adanya gravitasi =  $\rho g h$ .

$\rho$  = rapat massa fluida ( kg/m<sup>3</sup>).

$g$  = percepatan gravitasi (m/ dt<sup>2</sup>).

$h = Z_2 - Z_1$  = perubahan ketinggian (m).

$\Delta P_f$  = penurunan tekanan karena gesekan yang dinyatakan sebagai:

$$\Delta P_f = \lambda \frac{h}{D} \rho \frac{v^2}{2} \quad (2)$$

$\lambda$  = koefisien gesekan.

$D$  = diameter pipa (m).

$v$  = kecepatan aliran (m/ dt<sup>2</sup>)

Persamaan (1) dapat ditulis sebagai :

$$\Delta P_f = \Delta P - \rho g h \quad (3)$$

Padahal,

$$\Delta P = \Delta P' + \rho_o g h \quad (4)$$

dimana :

$\Delta P'$  = penurunan tekanan yang diukur.

$\rho_o$  = rapat massa fluida diluar pipa uji.

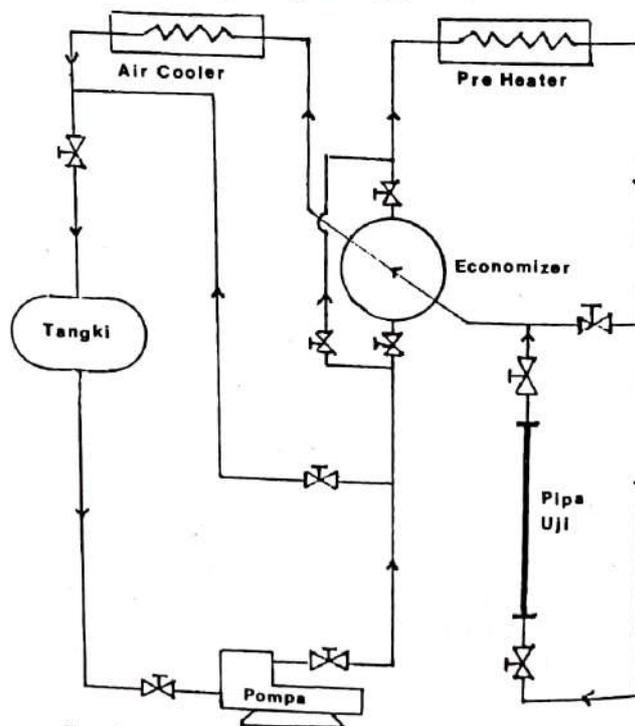
Substitusi persamaan (4) ke persamaan (3), diperoleh :

$$\Delta P_f = \Delta P' + (\rho_o - \rho) g h \quad (5)$$

Untuk kondisi tanpa penambahan panas pada pipa uji, maka  $\rho = \rho_o$  sehingga  $\Delta P_f = \Delta P'$ .

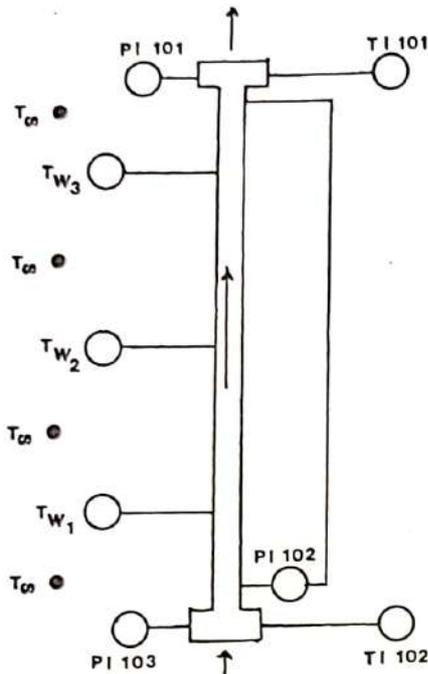
### PERCOBAAN

Rangkaian lengkap eksperimen dengan *Engineering Loop* dapat dilihat pada gambar 2, dengan pipa uji dipasang vertikal.



Gambar 2. Rangkaian lengkap *Engineering Loop*-NILOI.

Sedang gambar 3 menunjukkan letak alat-alat ukur pada pipa uji.



Gambar 3. Titik-titik pengukuran pada pipa uji

Adapun cara melakukan eksperimen dapat dijabarkan sebagai berikut :

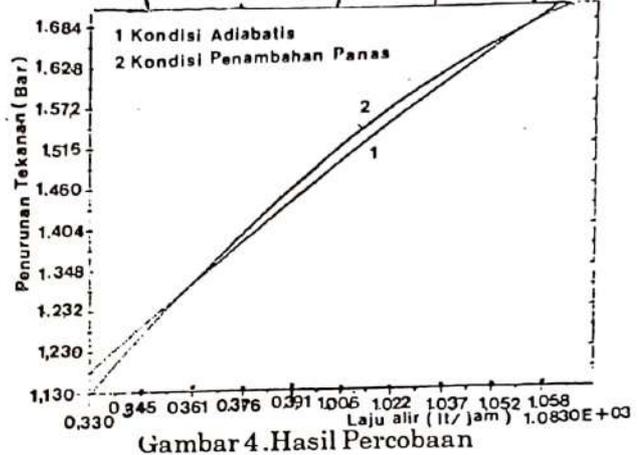
1. Operasikan *Engineering Loop* dan atur laju alir dengan mengatur langkah torak pompa pada 44 %.
2. Atur tekanan masukan pada 80 bar konstan.
3. Operasikan pemanas mula pada daya 50 kW konstan.
4. Operasikan pemanas lanjut pada pipa uji (rectifier = TSPF) pada daya 10 kW.
5. Setelah kondisi tunak tercapai, catat temperatur fluida masuk dan keluar pipa uji, tekanan fluida masuk dan keluar pipa uji, penurunan tekanan pada pipa uji.
6. Lakukan langkah 1 sampai dengan 5 untuk langkah torak pompa pada 48 % dan 50 %.
7. Ulangi langkah 1 sampai dengan 6 untuk tekanan masukan yang lain.

Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 1.

### PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan, diperoleh bahwa dengan bertambahnya laju alir akan memperbesar penurunan tekanan, baik pada kondisi adiabatik maupun pada kondisi penambahan panas, lihat gambar 4.

	$\dot{V}$ l/jam	$P_{in}$ bar	$\Delta P$ bar	$P_{in}$ bar	$P_{out}$ bar
Adiabatik	930	80,1	1,21	82,8	78,1
	1.019,4	79,9	1,54	82,7	77,6
	1.083	80,5	1,74	83,4	78,1
Penambahan panas	930	80,4	1,18	82,9	78,3
	1.019	80,6	1,56	82,8	78,5
	1.083	81,1	1,77	83,7	78,2



Gambar 4. Hasil Percobaan

Hal ini terlihat dari persamaan :

$$\Delta P_f = \lambda \frac{l}{D} \frac{\rho v^2}{2}$$

Jadi jika laju alirnya meningkat berarti kecepatannya juga meningkat. Karena kecepatan kuadrat berbanding lurus dengan penurunan tekanan akibat gesekan, maka secara keseluruhan penurunan tekanan yang merupakan penjumlahan akibat gesekan dan gravitasi juga akan meningkat. Jadi meskipun naiknya laju alir dapat menaikkan laju perpindahan panas, tetapi sebetulnya juga akan menurunkan tekanan pipa uji.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil eksperimen, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Meningkatnya laju alir akan dapat menaikkan penurunan tekanan, sehingga akan menyebabkan tekanan pada bagian keluaran akan lebih menurun dari pada bagian masukan.
2. Karena untuk laju alir yang tinggi penurunan tekanan lebih besar, maka dapat terjadi keadaan 2 fasa pada bagian keluaran pipa uji yang lebih awal.